Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

MUNDSCHLEIMHAUTTEMPERATURVERÄNDERUNGEN BEIM TRINKVORGANG

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von

MARTIN HEGELMAIER
aus Stuttgart

1980

Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

MUNDSCHLEIMHAUTTEMPERATURVERÄNDERUNGEN BEIM TRINKVORGANG

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard–Karls–Universität
Tübingen

vorgelegt von
MARTIN HEGELMAIER
aus Stuttgart

1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. H. Heimann

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. N. Schwenzer

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1. EINLEITUNG		1
1.1	Fragestellung	1
1.2	Literaturübersicht	2
2. MATERIAL UND METHODIK		4
2.1	Temperaturmessgeräte	4
2.2	Thermoelement	5
2.2.1	Wahl des Messgerätes	5
2.2.2	Funktion eines Thermoelementes	6
2.2.3	Schaltung eines Thermoelementes	7
2.2.4	Kalte Lötstelle	8
2.3	Verstärker	10
2.4	Vierkanalschreiber	11
2.5	Schaltplan	11
2.6	Eichung	12
2.7	Fehlerrechnung	15
2.8	Befestigung der Thermoelemente im Ohr	16
2.9	Befestigung des Thermoelementes im Mund	17
3. VERSUCHSBEDINGUNGEN		21
3.1	Messpunkte	21
3.2	Flüssigkeit	21
3.3	Probandenzahl	22
3.4	Ablauf einer typischen Messung	23
4. ERGEBNISSE		24
4.1	Erläuterung der Tabellen	24
4.2	Tab. Harter Gaumen Proband A	26
4.3	Tab. Weicher Gaumen Proband A	27
4.4	Tab. Zungenrücken Proband A	28
4.5	Tab. Harter Gaumen Proband B	29

4.6 Tab. Weicher Gaumen Proband B 30
4.7 Tab. Zungenrücken Proband B 31
4.8 Kurven 32

5. DISKUSSION 41
5.1 Typische Kurve am harten Gaumen 41
5.2 Typische Kurve am weichen Gaumen 42
5.3 Typische Kurve am Zungenrücken 43
5.4 Vergleich der Kurven untereinander 43

6. ZUSAMMENFASSUNG 45

7. LITERATURVERZEICHNIS 46

1. EINLEITUNG

1.1 Fragestellung

In der folgenden Arbeit beschäftigen wir uns mit Schleimhauttemperaturen, die beim Trinken heisser und kalter Flüssigkeiten auftreten, um sowohl die Brauchbarkeit der Messapparaturen darzustellen als auch die Grössenordnung physiologisch thermischer Reize beim Trinkvorgang auf die Mundschleimhaut abzugrenzen.

Bei der möglichen Anwendung unserer Messapparatur, die ich zusammen mit meinem Studienkollegen Hans-Günther Fritz entwickelte, dachten wir an den Nachweis der vollständigen Einheilung von Hauttransplantaten oder der Wirkung des Vasokonstringenz in Lokalanesthetika auf die Schleimhauttemperatur. Ausserdem wäre die Anwendung denkbar bei Bestimmung der Abbindetemperatur von Kunststoffen, die bei der direkten Methode der Provisorienherstellung frisch beschliffener Zahnstümpfe verwendet werden. Auch die Reizintensität körperfremder Stoffe (z.B. Implantate) auf die Gingiva wäre mit dieser Apparatur unter Umständen objektivierbar.

Bei der Ätiologie von Praecanzerosen, wie z.B. der Leukoplakie, spielen sicher neben anderen Faktoren auch die mechanischen (Wangenbeissen), chemischen (P rodukte des Rauchens) und thermischen Reize eine Rolle. Aber wie bei allen multifaktoriellen Vorgängen ist der Nachweis der Wirksamkeit eines Faktors sehr schwer möglich.

Auch sind bis jetzt noch keine genauen Untersuchungen darüber gemacht worden, in welchem Aussmass Hitze auf lebende Zellen eine schädigende Wirkung hat - so nimmt z.B. SCHURMANN et al. (25) schon eine Schädigung von Körperzellen bei Erwärmung auf 45°C an - . Das kann auch in dieser Arbeit nicht geschehen. Trotzdem gehört sie in diesen Zusammenhang.

1.2 Literaturübersicht

Die Temperatur ist eine physikalische Grösse, die wissenschaftlich definiert ist. Sie ist deshalb von zahlreichen Autoren zum Gegenstand ihrer Untersuchungen gemacht worden. So sind auch Arbeiten über Mundschleimhauttemperaturen veröffentlicht worden. Vielfach wurde versucht nachzuweisen, dass die pathologisch veränderte Schleimhaut andere Durchblutungsverhältnisse und somit andere Temperaturen aufzeigt als die unauffällige. FRANKE (8,9) verglich die Temperatur der entzündeten Paradontien mit der der gesunden. HERRMANN (15) untersuchte die Temperatur von vitalen und avitalen Zähnen. VAN THIEL und KLÖTZER (29) und ERNST und WAGNER (6) beschäftigten sich mit der sogenannten Wärmestauung unter Kunststoffprothesen und ihrem Bezug zum Krankheitsbild des Gaumenbrennens. SINN (27) wiederum untersuchte die Massagewirkung auf die Durchblutung der Schleimhaut.

Die Ergebnisse weisen starke Schwankungen auf. Einerseits waren die technischen Möglichkeiten zur Erfassung solch kleiner Temperaturgradienten, um die es sich

zwangsläufig bei Durchblutungsänderungen handelt, noch nicht gegeben; andererseits wird die Temperatur der Mundhöhle durch exogene Faktoren (Atmung, Luftzug) und endogene (Einflüsse auf das Vasomotorenzentrum, Aufregung, Errötung) überlagert. Ferner wurde vielfach bei geöffnetem Mund gemessen, so dass die Werte untereinander nicht vergleichbar sind.

Arbeiten über Hitzeentwicklung bei Turbinenpräparation von Zahnstümpfen mit und ohne Wasserspraykühlung wurden zahlreich veröffentlicht. (z.B. SCHMALZ u. ROTGANS (22))

Untersuchungen beim Trinken stellten bisher nur FRERICH (10) und SETZ u. OWASSAPIAN (26) an. FRERICH beschäftigt sich mit der Kerntemperaturänderung bei der Einnahme heisser Flüssigkeiten und Speisen. SETZ untersucht in diesem Zusammenhang die Wärmestauung unter Kunststoffprothesen. Kontinuierliche Messungen der Schleimhauttemperatur während des gesamten Trinkvorganges wurden von beiden Autoren nicht angestellt. Ihre Temperaturmessungen begannen erst einige Zeit nach Abschluss des Trinkvorganges (1 bzw. 2 Min.) Dabei musste der Mund zur Anbringung der Messonde geöffnet werden. Auch reagierten die Messgeräte nicht verzögerungsfrei auf Temperaturänderungen.

2. MATERIAL UND METHODIK

2.1. Temperaturmessgeräte

Temperatur ist ein Mass für den Wärmezustand eines Körpers. Man kann sie messen, indem man sich die thermische Ausdehnung zunutze macht. Dies ist bei Quecksilberthermometern der Fall, die aber auf Grund ihrer Trägheit für punktförmige Messungen nicht geeignet sind. Bei Widerstandsthermometern benützt man die physikalische Eigenschaft, dass stromdurchflossener Draht einen temperaturabhängigen Widerstand hat. Bei thermomagnetischen Messinstrumenten erfolgt die Temperaturmessung über den temperaturabhängigen magnetischen Feldzustand eines Ferromagneten. Die thermoelektischen Messgeräte benützen den von Seeback 1882 erstmals beschriebenen Thermoeffekt, der besagt, dass zwischen zwei verschiedenen zu einem Kreis verlöteten Metallen eine Potentialdifferenz besteht, wenn die Lötstellen sich auf verschiedenen Temperaturen befinden.

Folgende Voraussetzungen sind für Schleimhauttemperaturmessungen erforderlich:

a) Schnelle Einstellzeit, um Schwankungen rasch erfassen zu können.

b) Kleine Auflagefläche des Messkörpers, um nicht durch Wärmestauung die Temperaturwerte zu erhöhen.

c) Die Messdaten sollten über einen längeren Zeitraum ununterbrochen bei geschlossenem Mund registrierbar sein, um Klimastörungen von aussen auszuschliessen.

d) Günstige Lokalisationsmöglichkeit im Munde.

e) Der Wärmeentzug durch das Messgerät soll möglichst klein sein.

f) Es soll nur die Schleimhaut- und nicht die Lufttemperatur gemessen werden.

g) Es soll keine Druckanaemie der Schleimhaut erzeugt werden.

2.2 Thermoelement

2.2.1 Wahl des Messgerätes

Für unsere Messungen entschieden wir uns für Thermoelemente. Sie sind handlich, genau, sprechen fast ohne Verzögerung an, haben eine kleine empfindliche Messstelle und entziehen dem zu messenden Körper auf Gund ihrer geringen Masse keine nennenswerte Wärme. Wir nahmen die von Philips serienmässig hergestellten Chromel Alumel Thermoelemente. Sie schienen uns wegen ihres Preises und ihres Ausmasses geradezu ideal. s.Abb.1

Technische Daten des Chromel Alumel Thermoelements:

Typ CA3S250 Bez. 2ABAc 05250

Aussendurchmesser 0,5 mm

Aderndurchmesser 0,09 mm

Mantelstärke 0,06 mm

Kleinster Krümmungsradius 0,6 mm

Temperatureinsatzbereich -200°C bis +800°C

Abb. 1 Thermoelementspitze

2.2.2 Funktion eines Thermoelementes

Thermoelemente bestehen aus zwei Drähten verschiedener Stoffe, wobei zwei ihrer Enden miteinander verlötet sind. Beim Erhitzen oder Abkühlen einer Lötstelle entsteht eine Thermospannung. Die Grösse der Thermospannung ist vom Temperaturunterschied und von der Differenz der beiden Metalle in der Spannungsreihe abhängig. Chromel Alumel Thermoelemente liefern pro $1^{o}C$ ungefähr 40 V. Dies ist zwar eine geringere Spannung als sie zwischen Kupfer und Konstantin entsteht (50 V), dafür ist die gelieferte Thermospannung aber weitgehend unabhängig von dem zu messenden Temperaturbereich, und die mechanische Festigkeit ist bei Chromel Alumel grösser. Ferner ist auf Grund des Standes

der Elektronik heute eine Verstärkung von Stromstärken bzw. Spannungen kein Problem. Wir waren also nicht mehr auf Spiegelgalvanometer angewiesen wie z.B. FRAHM (7), HERRMANN (15) oder FRANKE (8,9)

2.2.3 Schaltung eines Thermoelementes

Um die Spannung eines Thermoelementes messen zu können, kann man die zu einem Kreis zusammengelöteten Metalle (Abb.2) an zwei Stellen unterbrechen.

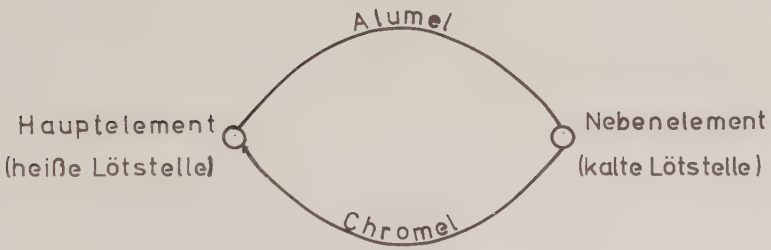


Abb. 2 Prinzip der thermoelektrischen Messung

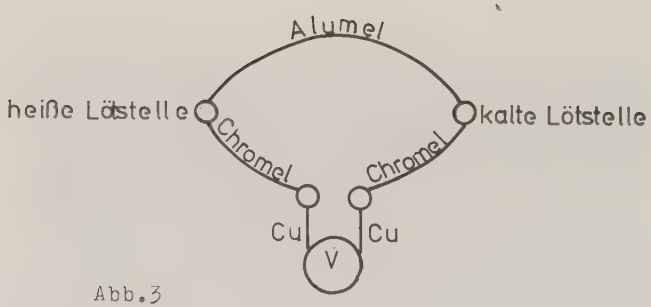


Abb.3

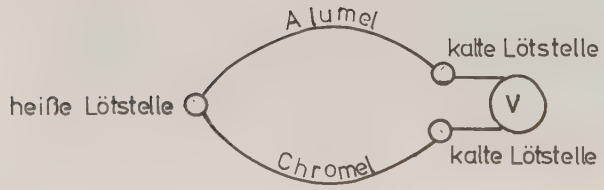


Abb.4

Bei der einen Schaltung (Abb.3) wird ein Schenkel (in der Zeichnung Chromel) durch das Messinstrument unterbrochen. Die durch die Einschaltung des Voltmeters entstandenen zwei neuen Lötstellen heben sich gegenseitig auf. Bei der anderen Schaltung (Abb.4) wird die kalte Lötstelle geöffnet zur Zwischenschaltung des Voltmeters. Die letztgenannte Schaltung wird im allgemeinen bevorzugt, da sie technisch weniger aufwendig ist.

2.2.4 Kalte Lötstelle

Da Thermoelemente immer nur Temperaturdifferenzen angeben, ist es notwendig, die Temperatur einer Lötstelle zu kennen, um die absoluten Temperaturwerte

errechnen zu können. Die Lötstelle, deren Temperatur bekannt ist, wird als Nebenelement oder kalte Lötstelle bezeichnet. Die Lötstelle, die Kontakt mit dem zu messenden Objekt hat, wird als Hauptelement oder heisse Lötstelle bezeichnet.

Als bekannte konstante Temperatur bietet sich Eiswasser an. Kleingehacktes aus destilliertem Wasser gewonnenes Eis hat genau 0°C, wenn es in seinem Schmelzwasser schwimmt. Diese Temperatur hat jedoch keinerlei Bezug zu der im Tagesrhythmus schwankenden Kerntemperatur des Menschen und weist einen Abstand von 37°C zur normalen Mundschleimhauttemperatur auf. Aus diesen Gründen wählten VAN THIEL und KLÖTZER (29) als kalte Lötstelle die Temperatur unter der Achsel. Diese Methode hat jedoch den Nachteil, dass es schwierig ist, die Temperatur während des Versuches konstant zu halten.

Nach vielen Versuchen nahmen wir die Temperatur des äusseren Gehörganges als physiologischen Bezugspunkt. Nach GAUER, KRAMER und JUNG (13) ist die Temperatur des Trommelfelles bzw. des äusseren Gehörganges schon einmal als Mass für die Hirntemperatur vorgeschlagen worden. Auch stellten SCHMID, LUTZE und GANSSEN (23) bei ihren Thermogrammen fest, dass der porus acusticus externus eine physiologische Hyperthermiezone am Kopf darstellt.

Da die Temperatur des Ohres, die sich als sehr

konstant erwies, nicht bekannt ist, wurde sie während des Versuches mit einem Thermoelement, dessen kalte Lötstelle in Eiswasser war, laufend aufgezeichnet. Um also die absolute Temperatur der Schleimhaut zu bestimmen, mussten wir die Differenz zwischen Eiswasser-und Ohrtemperatur und die Differenz zwischen Ohr- und Schleimhauttemperatur addieren. Dies ist ohne Zweifel komplizierter als wenn wir direkt gegen Eis gemessen hätten, hat aber den nicht zu unterschätzenden Vorteil, dass wir somit einen physiologischen Bezugspunkt erhielten. Alle individuellen physiologischen b.w. pathologischen Schwankungen der Körpertemperatur werden erfasst, und so können die Messergebnisse mehrerer Personen eher auf Gemeinsamkeiten untersucht werden.

2.3. Verstärker

Zur Verstärkung der Thermospannung nahmen wir Knick DC-Trennverstärker Typ 9110A1.

Technisch Daten: Ausgang simultan 20 mA eingeprägt 10 V
Eingangswiderstand $10^{10}\Omega/V$
Grenzfrequenz 10 Hz bis 3 dB
Prüfspannung 5 kV
Verstärkungsfehler 0,3% vM
Nullpunktfehler 0,2% vE
Anwärmzeit 1/2 Std.

Hiermit erfüllt dieser Verstärker die VDE 0750 für Messungen am menschlichen Körper.

2.4 Vierkanalschreiber

Zur laufenden Aufzeichnung von Ohr- und Schleimhauttemperatur nahmen wir den Vierkanaltintenschreiber Multi-Corder Modell MC 611 Watanabe Instruments Corp Tokio.

Technische Daten: Maximale Schreibgeschwindigkeit
0,5 sek./Vollausschlag

Zwei Kanäle max. Empfindlichkeit von
je 10 mV bei Vollausschlag

Zwei Kanäle max. Empfindlichkeit von
je 1 mV bei Vollausschlag

Linearitätsfehler: 0,3% bei Vollauschlag

Auflösungsfehler: 0,1% bei Vollausschlag

2.5 Schaltplan

Wie aus Abb.5 hervorgeht, wurde einmal ein Schenkel (Schleimhaut/Ohr) geöffnet und einmal die kalte Lötstelle (Ohr/Eiswasser), um die auftretenden Spannungen messen zu können.

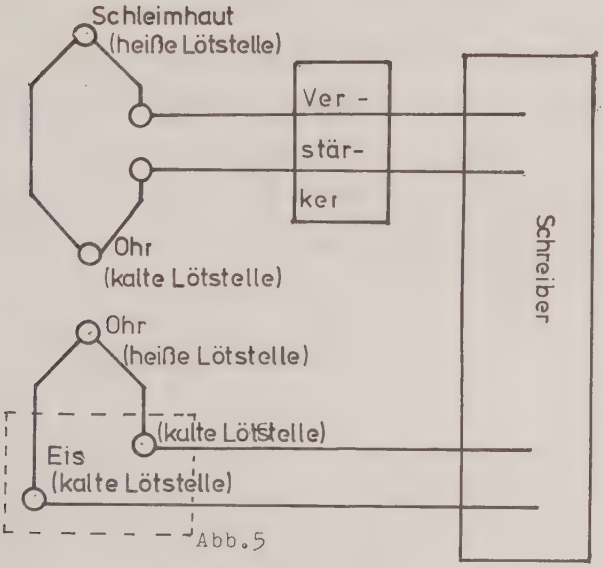


Abb.5

2.6 Eichung

Zur Eichung des Thermoelementpaares (Schleimhaut/Ohr) steckten wir die kalte Lötstelle (Ohrthermoelement) in Eiswasser und die heisse Lötstelle (Schleimhautthermoelement) in ein Wasserbad. Die Temperatur des Wasserbades, das durch einen starken Elektromotor gut verwirbelt wurde, konnte durch eine Vorrichtung zur Erwärmung oder Abkühlung beliebig verändert werden. Die tatsächlich vorliegende Temperatur des Wasserbades wurde auf einem 1/10 Grad genauen Thermometer abgelesen.

Da einerseits das Wasserbad gut durchwirbelt wurde und andererseits die Thermoelementspitze an die [illegible] Spitze des Thermometers mit einem Klebeband befestigt war, konnten wir davon ausgehen, dass an dem Thermometer und dem Thermoelement dieselbe Temperatur herrscht.

Während der Erwärmung des Wassers wurden die vom Thermometer abgelesenen Temperaturwerte laufend zu der durch den Schreiber aufgezeichneten Thermospannung angegeben. Auf diese Weise erhielten wir Wertepaare (X/Y). X gibt die Temperatur in ^{o}C an, Y die Thermospannung in μV (Verstärker- und Schreibereinstellung berücksichtigt).

°C	V
0,1	440
0,2	430
0,3	422,5
0,4	420
0,5	417,5
0,6	415
0,7	410
0,8	405
0,9	402,5
1,1	395
1,2	390
1,3	387,5
1,4	382,5
1,5	380
1,6	375
1,7	372,5
1,8	370
1,9	365
2,0	360
2,1	355
2,2	352,5
2,3	350
2,4	345
2,5	340
2,6	335
2,7	332,5
2,8	330

°C	V
2,9	325
3,0	320
3,1	317,5
3,2	315
3,3	310
3,4	305
3,5	302,5
3,6	300
3,7	295
3,8	290
3,9	287,5
4,0	282,5
4,1	280
4,2	275
4,3	270
4,4	267,5
4,5	262,5
4,6	260
4,7	257,5
4,8	252,5
4,9	250
5,0	245
5,1	240
5,2	237,5
5,3	232,5
5,4	230
5,5	225

°C	V
5,6	220
5,7	217,5
5,8	215
5,9	210
6,0	205
6,1	202,5
6,2	200
6,3	195
6,4	190
6,5	185
6,6	182,5
6,7	177,5
6,8	175
6,9	170
7,0	165
7,1	162,5
7,2	160
7,3	160
7,4	157,5
7,5	155
7,6	150
7,7	145
7,8	142,5
8,0	130
8,2	120
8,3	117,5
8,4	112,5

°C	V
8,5	107,5
8,6	102,5
8,7	100
8,8	95
8,9	92,5
9,0	90
9,1	85
9,3	77,5
9,4	75
9,5	70
9,6	67,5
9,7	62,5
9,8	57,5
9,9	52,5
10,0	50
10,1	45
10,2	40
10,4	32,5
10,5	27,5
10,6	25
10,7	20
10,8	17,5

Diese Werte im Computer eingegeben ergaben:

Korrelationskoeffizient - 0,996

Bestimmtheitsmass 100 %

Kalibrierfaktor 38,665 µV/°C

Regressionsgrade mit Vertrauensgrenzen:

x - 10,8°C
y - 21,0692 µV 18,59715 µV 19,8332 µV

x - 10°C
y - 51,86345 µV 49,66305 µV

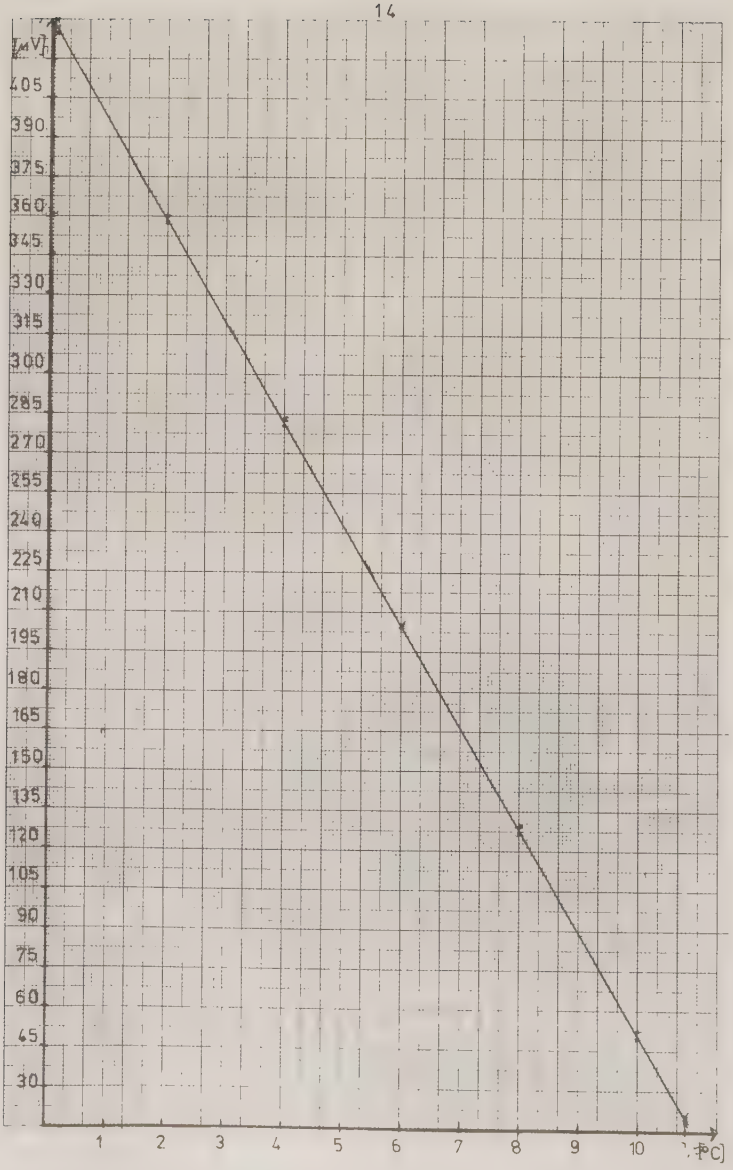
x - 8°C
y - 128,89045 µV 127,2864 µV

x - 6°C
y - 206,04555 µV 204,78165 µV

x - 4°C
y - 283,43075 µV 282,0468 µV

x - 2°C
y - 361,0029 µV 359,125 µV

x - 1°C
y - 434,77335 µV 432,27235 µV 433,52285 µV


[mV]
405
390
375
360
345
330
315
300
285
270
255
240
225
210
195
180
165
150
135
120
105
90
75
60
45
30
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
[°C]

Der Korrelationskoeffizient von -0,9996 war zu erwarten, da eine lineare Beziehung zwischen Temperatur und der von dem Thermoelement erzeugten Spannung besteht. Die Regressionsgrade mit Vertrauensgrenzen (Abb.6) bestätigen die hohe Genauigkeit des Thermoelementes.

Das Thermoelement, das die Ohrtemperatur gegen Eis misst, wurde geeicht, indem es mehrmals in ein Wasserbad von 37°C getaucht wurde. Der Mittelwert dieser Messungen ergab einen Kalibrierfaktor von 36,77 μV/°C.

2.7 Fehlerrechnung

Der Fehler des Vertstärkers beträgt 0,3% vom Messwert. Da die uns interessierenden Schleimhauttemperaturen die Ohrtemperatur kaum um 4°C über- bzw. unterschreiten, entspricht dies einem Verstärkerfehler von 0,012°C. Der Fehler des Schreibers beträgt 0,5% des Vollausschlages. Bei dem Gesamtausschlag unserer Einstellung von etwa 13°C bedeutet dies einen maximalen Fehler von 0,039°C. Zur Eichung des Thermoelementes benutzten wir ein Thermometer mit einer Ablesegenauigkeit von 0,1°C. Verglichen damit sind die Fehler vom Verstärker und Schreiber unerheblich. Somit kann man die Genauigkeit der relativen Temperatur Schleimhaut/Ohr mit 0,1°C angeben.

Die Messung Ohr/Eiswasser erfolgte ebenfalls über den Schreiber aber ohne Verstärker. Somit war nur der Schreiber und das zur Eichung benutzte Thermometer zu berücksichtigen. Auch hier liegt die Hauptfehlerquelle beim Thermometer, so dass die Genauigkeit der Temperatur

Schleimhaut/Ohr ebenfalls 0,1°C beträgt.

Da sich die absolute Temperatur aus Schleimhaut/Ohr und Ohr/Eiswasser zusammensetzt, machen sich die 0,1°C zweimal bemerkbar. Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz wirkt sich dies jedoch nicht additiv aus, sondern es gilt $\sqrt{0,1 + 0,1} = 0,14$°C. Folglich liegt der maximale Fehler unserer Messungen bei 0,14°C.

2.8 Befestigung der Thermoelemente im Ohr

Um das zweite Thermoelement bequem im Ohr plazieren zu können, benützten wir die äussere Kunststoffhülle eines Ohr-Hörers, die bei Transistorradios verwendet wird. Die Thermoelemente fixierten wir mit Kaltpolymerisat so, dass der empfindliche Teil 2 mm herausragte (Abb.7).

Abb. 7

Auf dieser Abbildung ist die Grösse des empfindlichen Teiles des Thermoelementes genau zu erkennen.

Aus Platzgründen waren wir auf zwei vorgefertigte Thermoelemente angewiesen. Deshalb waren wir gezwungen, wie aus Kapitel 2.5 hervorgeht, für die Messung Schleimhaut/Ohr eine anderen Schaltung wie für die Messung Ohr/Eiswasser zu verwenden.

Durch die Kunststoffhülse erreichten wir, dass mit Sicherheit die Tem peratur des äusseren Gehörganges gemessen wurde. Eine Gefährdung des Trommelfelles war ausgeschlossen, da die Kunststoffhülse nur 14 mm tief in das Ohr eingeführt werden kann. Nach BOENNINGHAUS (1) ist aber der äussere Gehörgang insgesamt 3,5 cm lang. Um den porus accusticus externus vollkommen von der Aussenwelt abzuschirmen, legten wir zusätzlich zwei Mull-lagen auf die Ohrmuschel und stülpten darüber noch einen Ohrschützer wie er beim Sportschiessen üblich ist. Schon nach ungefähr 5 Minuten stelle sich eine konstante Ohrtemperatur ein. Daher erübrigte sich, die schlechte Temperaturleitfähigkeit von Luft durch Füllen des Ohres mit einer öligen Flüssigkeit herabzusetzen, was grundsätzlich ein intaktes Trommelfell voraussetzt.

2.9 Befestigung des Thermoelementes im Mund

Um das Thermoelement zu fixieren, das während des Trinkens kaum manuell an einem Punkt gehalten werden kann, konstruierten wir Geräte aus Kunststoff und Draht, die an den Zähnen ähnlich wie kieferorthopädische Geräte

mit zwei Deltaklammern befestigt wurden. In der bewusst klein gehaltenen Kunststoffbasis wurde ein Draht eingelassen, an dessen Ende eine Öse gelötet war. Diese konnte durch eine Schraube in ihrem Durchmesser verengt werden (Abb.8).

Abb. 8

In der Öse wurde das durch eine Kunststoffhülse zusätzlich isolierte Thermoelement befestigt. Hierdurch erreichten wir, dass der zu messende Schleimhautpunkt während des Versuches beibehalten wurde und der Auflagedruck konstant blieb.

Den Kontakt der Thermoelementspitze mit der Schleimhaut kontrollierten wir durch ein Matritzenband von 0,05 mm Stärke. Liess es sich nur mit einem gewissen Widerstand zwischen Schleimhaut und Thermoelementspitze durchziehen, hatte das Thermoelement Kontakt mit der Schleimhaut. Der Auflagedruck wurde optisch (Anaemie

ja/nein) und durch Befragung abgeklärt. Der Proband ist ja in der Lage, mit dem Gerät im Mund zu antworten, auch wenn seine Hörfähigkeit eingeschränkt ist. Das Thermoelement sass erst dann richtig, wenn der Proband angab, kein Druckgefühl zu bemerken.

Mit dieser Methode erreichten wir, dass die Thermoelementspitze mit Sicherheit Kontakt mit der Schleimhaut hatte; der Auflagedruck des Thermoelementes konnte jedoch auf diese Weise nicht genau bestimmt werden. Trotzdem hielten wir dies Verfahren für ausreichend, da nach unseren Untersuchungen ein Temperaturanstieg mit gesteigertem Auflagedruck nur an Stellen der Schleimhaut von Bedeutung ist, die leicht eindrückbar sind (Lippe,Wange, Zunge). An diesen Stellen erhielten wir bei starkem Auflagedruck (schmerzhaft) eine maximale Tem peraturerhöhung von 0,2°C. Bei der weniger komprimierbaren Schleimhaut des harten Gaumens ist eine Tem peraturerhöhung durch Druck schwer möglich. Auch hätte ein Auflagedruckgerät wie es FARHM (7) verwendete, sicherlich seinen Nutzen für uns durch die nicht unwesentliche Vergrösserung der in der Mundhöhle befindlichen Apparatur zunichte gemacht. Ein Trinken von Flüssigkeiten und ein Messen bei geschlossenem Mund wäre nicht möglich gewesen. Zusätzlich sah man auch am Schreiber, ob das Thermoelement mit der Schleimhaut Kontakt hatte. War dies nicht der Fall, zeigte sich bei jedem Atemzug durch den Mund ein starker Temperaturabfall, da die Lufttemperatur direkt gemessen

wurde. Hatte aber das Thermoelement Kontakt mit der Schleimhaut, so wurde nur der geringe Temperaturabfall der durch den Luftstrom abgekühlten Schleimhaut gemessen. Dass dieser nicht der Lufttemperatur entspricht, ist einerseits durch die Eigenwärme der Schleimhaut bedingt und andererseits im wesentlichen auf die geringe Wärmekapazität der Luft zurückzuführen. Auch war es bei geschlossenem Mund unmöglich, eine konstante Temperatur zu erhalten, wenn kein Schleimhautkontakt vorhanden war.

3. VERSUCHSBEDINGUNGEN

3.1 Messpunkte

Voruntersuchungen ergaben, dass beim Trinken von Flüssigkeiten diese vorwiegend mit dem weichen und harten Gaumen und dem Zungenrücken in Berührung kommen. Messungen im Vestibulum, sublingual und in der Wange ergaben minimale Temperaturänderungen. Dies ist auch verständlich, wenn man sich den Schluckvorgang und die Trinkstrasse vorstellt. Aus diesem Gund beschränkten wir uns auf drei Messpunkte.

a) Harter Gaumen: Kreu zungsstelle der zweiten queren Gaumenfalte mit der Raphe palatina mediana.

b) Weicher Gaumen: Übergang weicher/harter Gaumen in der Raphe-Median-Ebene. Befindet sich das Thermoelement an dieser Stelle, ist man noch in der Lage zu schlucken ohne starken Würgereiz.

c) Zungenrücken: Transversal in der Höhe der Kontaktpunkte der Praemolaren und sagittal in der Raphe-Median-Ebene.

3.2 Flüssigkeit

In verschiedenen Lokalen stellten wir fest, dass Kaffee meistens mit einer Temperatur von 60°C bis 70°C und Tee von 80°C bis 90°C serviert wird. Man beginnt bei etwa 60°C mit dem ersten Schluck, allerdings erscheint das vielen, je nach Gewöhnung, noch als sehr heiss.

Man muss hierbei aber berücksichtigen, dass man

in der Mundhöhle leichter höhere Temperaturen erträgt als auf der äusseren Haut. Denn die Dichte der Sinnespunkte, mit der ja die Temperaturempfindung mehr oder weniger korreliert ist, ist in der Mundhöhle geringer als auf der äusseren Haut. Auf diese Tatsache verwiesen auch HENSEL (14) und McCLUSKEY (18).

Um möglichst realitätsbezogene Bedingungen zu erreichen, nahmen wir Wassermengen von 50 ccm mit einer Temperatur von 60, 50, 40, 30, 20, 10 und 0°C. Der Proband wurde aufgefordert, die Flüssigkeitsmenge ohne abzusetzen und ohne Pause zu trinken und danach den Mund geschlossen zu halten.

3.3 Probandenzahl

Aus folgenden Gründen entschlossen wir uns, die Versuche an zwei Probanden durchzuführen.

a) Wir sind auf die aktive Mitarbeit des Probanden angewiesen. Er muss heisse Flüssigkeiten trinken, er darf die Thermoelementspitze während des Versuches nicht verschieben, auch wenn er leichten Würgereiz verspürt, er soll während des Versuches den Mund nicht öffnen und muss gleichmässig durch die Nase atmen. Ferner muss er die Thermoelemente im Ohr tolerieren.

b) Mehrere Messungen an wenig Probanden sind sinnvoller als wenige Messungen an vielen, da die Tendenz hierbei leichter erkennbar ist.

c) Übersichtswerte über mögliche physiologische Temperatur-maxima der Schleimhaut beim Trinken können hinreichend genau von wenig Probanden erhalten werden.

d) Für jeden Messpunkt muss ein Thermoelementhalter hergestellt werden. Hierzu benötigt man wie in der Kieferorthopädie Modelle von Ober- und Unterkiefer.

3.4 Ablauf einer typischen Messung

Nachdem sich der Proband an die Raumtemperatur akklimatisiert hatte, wurden die Thermoelemente im Ohr und im Mund fixiert. Sobald die Ohr- und Mundschleimhauttemperatur auf dem Schreiber konstante Werte zeigte (keine Änderung des vertikalen Schreiberausschlages pro Zeiteinheit), konnte mit dem Versuch begonnen werden. Der Proband wurde aufgefordert, die abgemessene Flüssigkeitsmenge (50 ccm) kontinuierlich ohne Hast und ohne abzusetzen zu trinken. Bei extremen Temperaturen (60°C, 0°C) war dies in manchen Fällen nicht voll möglich. Das Ende des Trinkvorganges wurde auf dem Schreiberpapier markiert. Der Versuch war beendet, sobald sich die Schleimhauttemperatur der Ausgangstemperatur bis auf 0,25°C genähert hatte.

4. ERGEBNISSE

4.1 Erläuterung der Tabellen

Auf den folgenden Seiten wird jeweils eine Messreihe vom harten und weichen Gaumen sowie vom Zungenrücken dargestellt sowohl vom Probanden A als auch vom Probanden B. Die Messungen wurden an verschiedenen Tagen ausgeführt. Trotzdem sind die Werte untereinander vergleichbar, da die Versuchsbedingungen standardisiert wurden und es sich um starke Temperaturschwankungen handelt.

Allerdings darf man nicht von fixen Mundschleimhautausgangstemperaturen ausgehen, denn es werden ja nur die Oberflächentemperaturen gemessen, die starken exogenen und endogenen Einflüssen ausgesetzt sind. So stellte WÖRNER (30) bei der täglich ermittelten Temperatur eines Schleimhautpunktes von einer gesunden Einzelperson während eines ganzen Monates eine Schwankungsbreite von 2,1 ^{0}C fest.

Die Spalten der folgenden Tabellen bedeuten im einzelnen:

Spalte a:	Temperatur des Wassers
Saplte b:	Trinkdauer (wurde während des Versuches markiert)
Spalte c:	Ausgangstemperatur. Es wird das Plateau angegeben, das sich nach 2 - 3 Minuten bei geschlossenem Mund und Nasenatmung einstellt.

Spalte d:	Erwärmung. Temperatur der Schleimhaut nach Beendigung des Trinkvorganges.
Spalte f,h,k:	Schleimhauttemperatur nach 1/2; 1 und 2 Minuten nach Beendigung des Trinkvorganges.
Spalte e,g,i,l:	Differenz zwischen den zwei vorhergegangenen Schleimhauttemperaturen.
Spalte h:	Zeit, die benötigt wurde, um sich der Ausgangstemperatur bis auf $0{,}25^{\circ}$ zu nähern.

4.2 Tab. Harter Gaumen Proband A

a. Temperatur (°C)	60	50	40	30	20	10	0
b. Trinkdauer (sek.)	4	4	4	4	4	4	7
c. Ausgang (°C)	36,73	36,87	36,95	37,00	36,96	36,94	36,72
d. Erwärmung (°C)	48,52	45,27	39,32	33,10	26,61	21,14	15,06
e. Differenz (°C)	+11,80	+8,40	+2,37	-3,90	-10,35	-15,80	-20,66
f. 1/2 Min. (°C)	40,88	39,62	37,85	35,55	33,01	30,50	29,37
g. Differenz (°C)	- 7,64	-5,65	-1,47	+2,45	+6,40	+9,36	+13,31
h. 1 Minute (°C)	38,67	38,05	37,37	36,27	35,19	34,00	33,72
i. Differenz (°C)	-2,21	-1,57	-0,48	+0,72	+2,18	+3,50	+4,35
k. 2 Min. (°C)	37,50	37,26	37,14	36,68	36,37	35,74	35,70
l. Differenz (°C)	-1,17	-0,79	-0,23	+0,41	+1,18	+1,72	+1,98
m. Zeit bis Ausg. (min.)	5,1	2,0	1,2	2,6	3,3	4,0	3,8
n. Ohrtemp. (°C)	36,9	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0

4.3 Tab. Weicher Gaumen Proband A

a. Temperatur (°C)	60	50	40	30	20	10	0
b. Trinkdauer (sek.)	22	12	16	4	6	8	12
c. Ausgang (°C)	35,56	34,96	35,22	35,30	35,49	35,35	35,51
d. Erwärmung (°C)	37,76	37,01	36,11	34,79	32,60	31,77	31,92
e. Differenz (°C)	+2,20	+2,05	+0,89	-0,51	-2,89	-3,58	-3,59
f. 1/2 Min. (°C)	37,24	36,75	35,99	35,30	34,71	34,20	33,97
g. Differenz (°C)	-0,52	-0,26	-0,12	+0,51	+2,11	+2,43	+2,05
h. 1 Min. (°C)	36,86	36,37	35,73	35,30	35,17	34,95	34,54
i. Differenz (°C)	-0,38	-0,38	-0,26	---	+0,46	+0,75	+0,57
k. 2 Min. (°C)	36,23	35,73	35,47	35,30	35,35	35,20	34,89
l. Differenz (°C)	-0,63	-0,64	-0,26	---	+0,18	+0,25	+0,35
m. Zeit bis Ausg. (min.)	3,3	4,3	2,3	3,3	1,6	2,3	7,2
n. Ohrtemp. (°C)	37,0	37,0	37,0	36,8	36,6	36,9	36,8

4.4 Tab. Zungenrücken Proband A

a. Temperatur (°C)	60	50	40	30	20	10	0
b. Trinkdauer (sek.)	15	12	4	4	10	15	18
c. Ausgang (°C)	36,83	36,84	36,57	36,63	36,52	36,42	36,31
d. Erwärmung (°C)	42,97	37,98	37,08	35,53	34,[illegible]	34,[illegible]	33,50
e. Differenz (°C)	+6,14	+1,16	+0,51	-1,[illegible]	-2,23	-3,69	-2,81
f. 1/2 Min. (°C)	37,91	37,41	36,95	36,25	35,55	35,25	34,78
g. Differenz (°C)	-5,06	-0,57	-0,13	+0,90	+1,26	+2,56	+1,28
h. 1 Min. (°C)	36,94	37,08	36,83	36,37	36,06	35,80	35,55
i. Differenz (°C)	-0,97	-0,33	-0,12	+0,12	+0,51	+0,51	+0,77
k. 2 Min. (°C)	36,83	36,82	36,82	36,63	36,31	36,06	36,06
l. Differenz (°C)	-0,11	-0,26	-0,01	+0,26	+0,25	+0,26	+0,51
m. Zeit bis Ausg. (min.)	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	3,3	3,3
n. Ohrtemp. (°C)	36,6	36,6	36,5	36,6	36,6	36,6	36,6

4.5 Tab. Harter Gaumen Proband B

a. Temperatur (°C)	60	50	40	30	20	10	0
b. Trinkdauer (sek.)	28	8	6	6	10	12	16
c. Ausgang (°C)	37,60	37,60	37,60	37,80	37,59	37,74	37,74
d. Erwärmung (°C)	47,92	46,73	39,80	32,35	27,89	25,83	26,09
e. Differenz (°C)	+10,32	+9,13	+2,20	-5,45	-9,70	-11,90	-11,65
f. 1/2 Min. (°C)	39,96	39,67	38,84	36,96	35,99	34,46	33,95
g. Differenz (°C)	-7,96	-7,06	-0,96	+4,61	+8,10	+8,63	+7,86
h. 1 Min. (°C)	38,81	38,90	38,49	37,35	36,76	36,00	35,74
i. Differenz (°C)	-1,15	-0,77	-0,35	+0,39	+0,77	+1,54	+1,79
k. 2 Min. (°C)	38,30	38,37	38,24	37,60	37,40	37,02	36,89
l. Differenz (°C)	-0,51	-0,53	-0,25	+0,25	+0,64	+1,02	+1,15
m. Zeit bis Ausg. (min.)	2,6	5,2	2,3	3,0	3,0	3,3	3,5
n. Ohrtemp. (°C)	37,7	37,7	37,4	37,5	37,7	37,7	37,7

4.6 Weicher Gaumen Proband B

a. Temperatur (°C)	60	50	40	30	20	10	0
b. Trinkdauer (sek.)	20	10	14	6	8	12	28
c. Ausgang (°C)	36,60	36,70	37,91	36,77	36,93	36,68	36,65
d. Erwärmung (°C)	43,21	+1,06	37,37	35,49	32,76	30,60	30,37
e. Differenz (°C)	+6,42	+2,10	+1,46	-1,20	-4,17	-6,02	-6,28
f. 1/2 Min. (°C)	39,57	36,50	36,00	36,13	35,32	33,78	32,00
g. Differen. (°C)	-3,08	-2,98	-0,49	+0,04	+2,30	+3,12	+2,31
h. 1 Min. (°C)	36,28	36,01	36,00	36,39	35,04	33,11	34,42
i. Differenz (°C)	-1,19	-0,87	-0,10	+0,26	+0,32	+1,33	+1,54
k. 2 Min. (°C)	37,03	37,40	36,00	36,47	36,30	33,78	35,24
l. Differenz (°C)	-0,75	-0,61	-0,06	+0,08	+0,46	+0,67	+0,82
m. Zeit bis Ausg. (min.)	4,0	1,0	1,5	1,5	3,0	3,5	7,3
n. Ohrtemp. (°C)	37,0	36,9	36,5	37,0	37,1	37,1	37,0

4.7 Tab. Zungenrücken Proband B

a. Temperatur (°C)	60	50	40	30	20	10	0
b. Trinkdauer (sek.)	40	10	10	10	6	6	30
c. Ausgang (°C)	37,55	37,45	37,49	37,51	37,50	37,64	37,52
d. Erwärmung (°C)	40,72	40,47	38,13	36,34	35,60	36,36	34,18
e. Differenz (°C)	+3,17	+3,02	+0,64	-1,17	-1,90	-1,28	-3,34
f. 1/2 Min. (°C)	39,60	39,32	37,87	36,72	36,62	36,36	34,70
g. Differenz (°C)	-1,12	-1,15	-0,26	+0,38	+1,02	---	+0,52
h. 1 Min. (°C)	38,33	38,29	37,87	36,98	36,75	36,62	35,98
i. Differenz (°C)	-1,27	-1,03	---	+0,26	+0,13	+0,26	+1,28
k. 2 Min. (°C)	38,25	37,80	37,87	37,10	37,13	37,00	36,87
l. Differenz (°C)	-0,08	-0,41	---	+0,20	+0,38	+0,38	+0,89
m. Zeit bis Ausg.(min.)	3,6	6,0	1,0	3,6	3,0	5,0	4,6
n. Ohrtemp. (°C)	37,2	37,2	37,1	36,9	37,3	37,3	37,3

4.9 Kurven

Die folgenden Kurven wurden jeweils vom Originalregistrat kopiert.

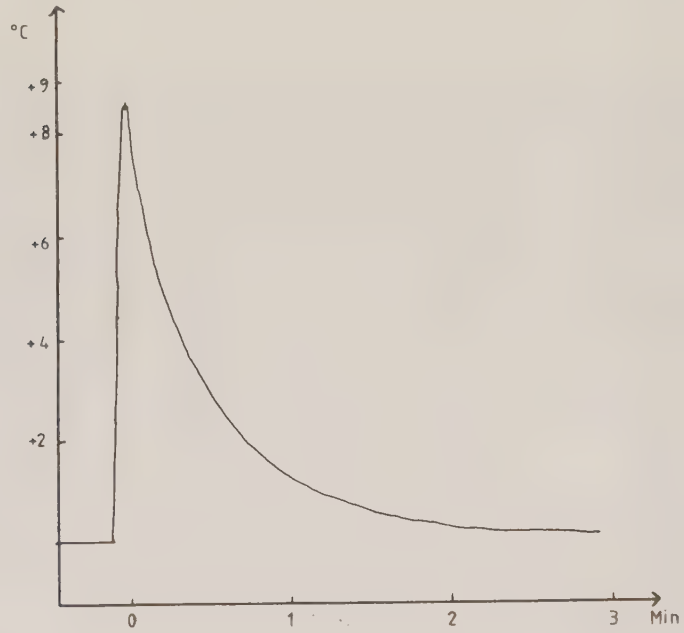


Abb.9

Erwärmungskurve am harten Gaumen beim Trinken von 50 ccm Wasser von 50°C. Die Ordinate gibt die Temperatur über Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

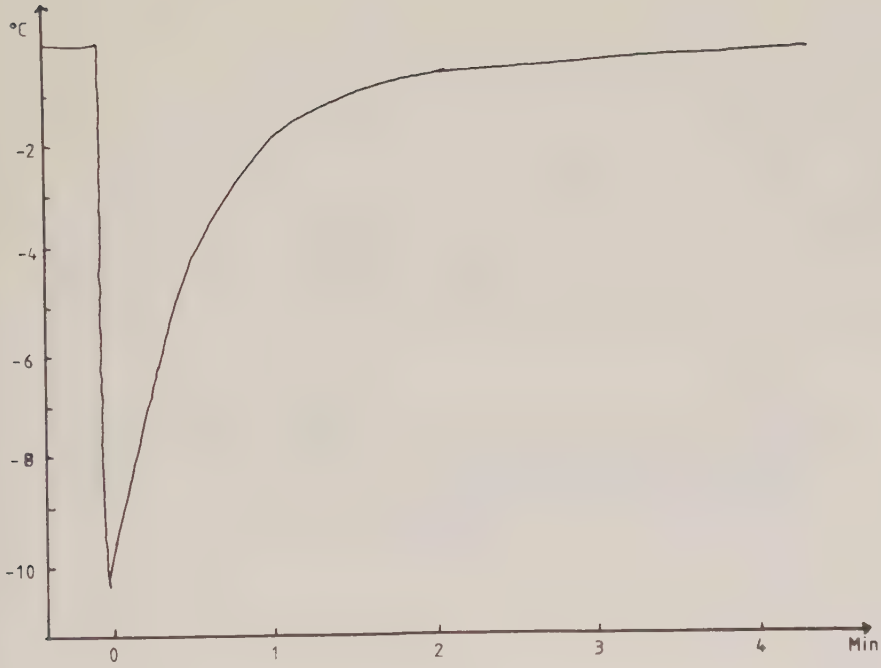


Abb. 10

Abkühlungskurve am harten Gaumen beim Trinken von 50 ccm Wasser von 20°C. Die Ordinate gibt die Temperatur unter Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

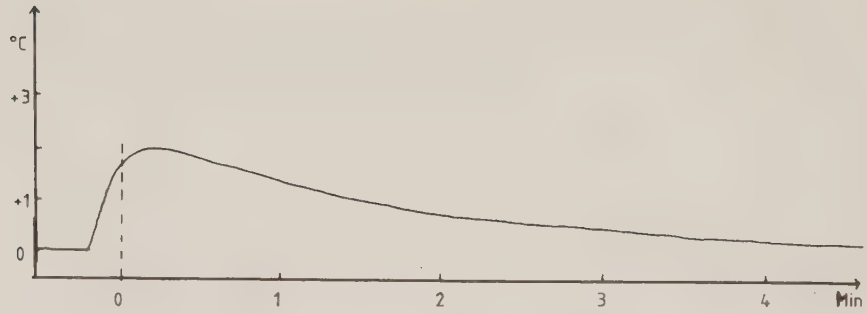


Abb. 11

Erwärmungkurve am weichen Gaumen beim Trinken von 50 ccm Wasser von 50°C. Die Ordinate gibt die Temperatur über Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

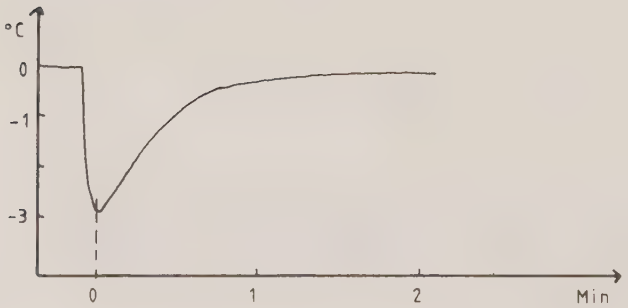


Abb. 12

Abkühlungskurve am weichen Gaumen beim Trinken von 50 ccm Wasser von 20°C. Die Ordinate gibt die Temperatur unter Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

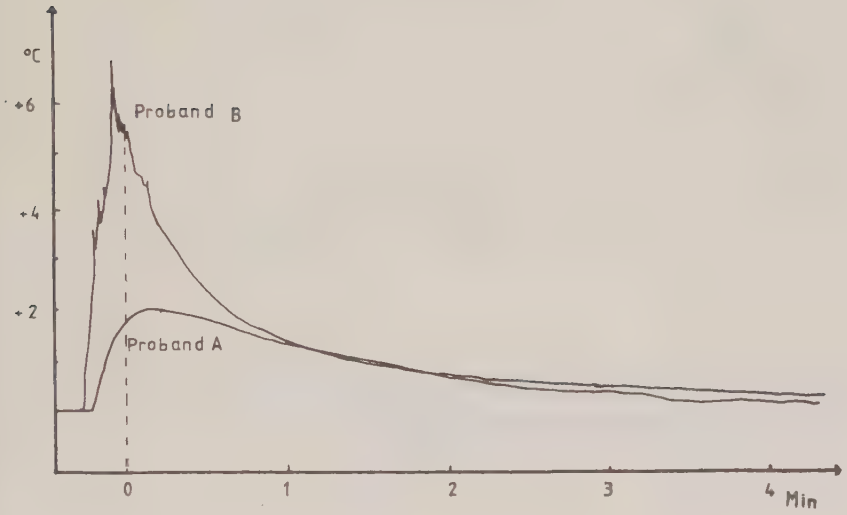


Abb. 13

Erwärmungskurve am weichen Gaumen beim Trinken von 50 ccm Wasser von 50°C. Ordinate gibt die Temperatur über Schleimhautausgangstemperatur an, Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.
Proband A (Gotischer Gaumen)
Proband B (Normaler Gaumen)

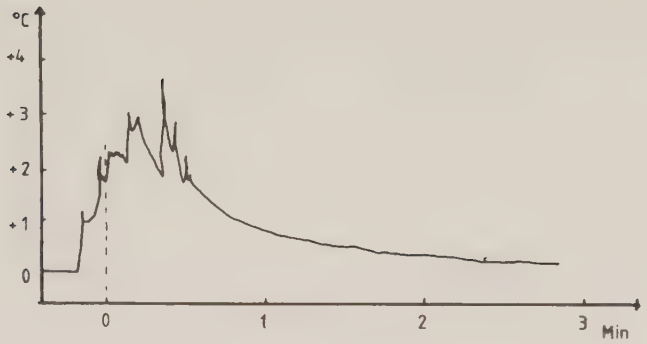


Abb. 14
Erwärmungskurve am Zungenrücken beim Trinken von 50 ccm Wasser von 50°C. Die Ordinate gibt die Temperatur über Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

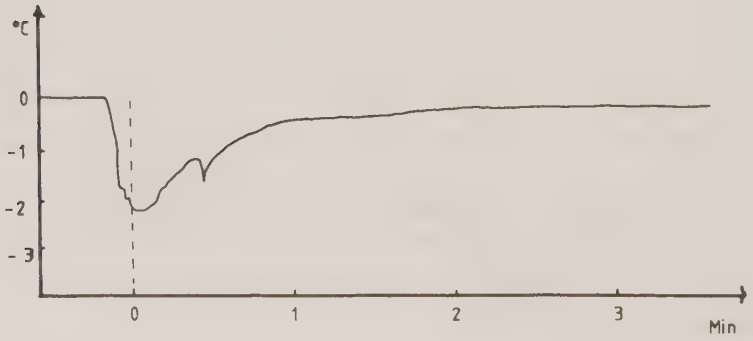


Abb. 15
Abkühlungskurve am Zungenrücken beim Trinken von 50 ccm Wasser von 20°C. Die Ordinate gibt die Temperatur unter Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

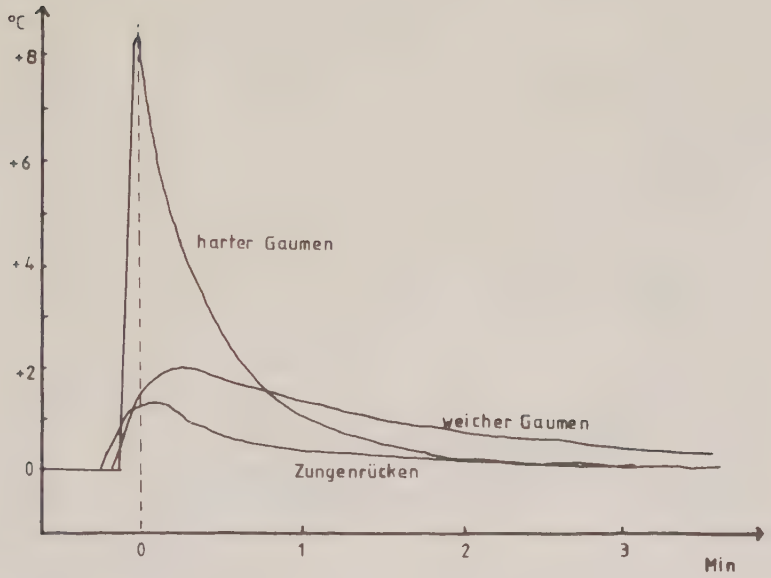


Abb. 16

Erwärmungskurven des Probanden A beim Trinken von 50 ccm Wasser von 50°C am harten Gaumen, weichen Gaumen und Zungenrücken. Die Ordinate gibt die Temperatur über Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

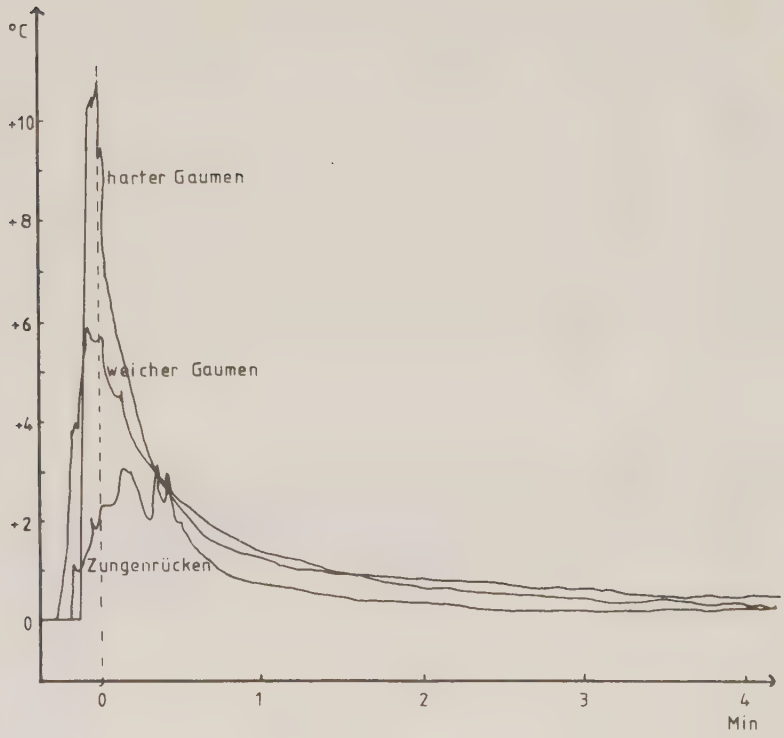
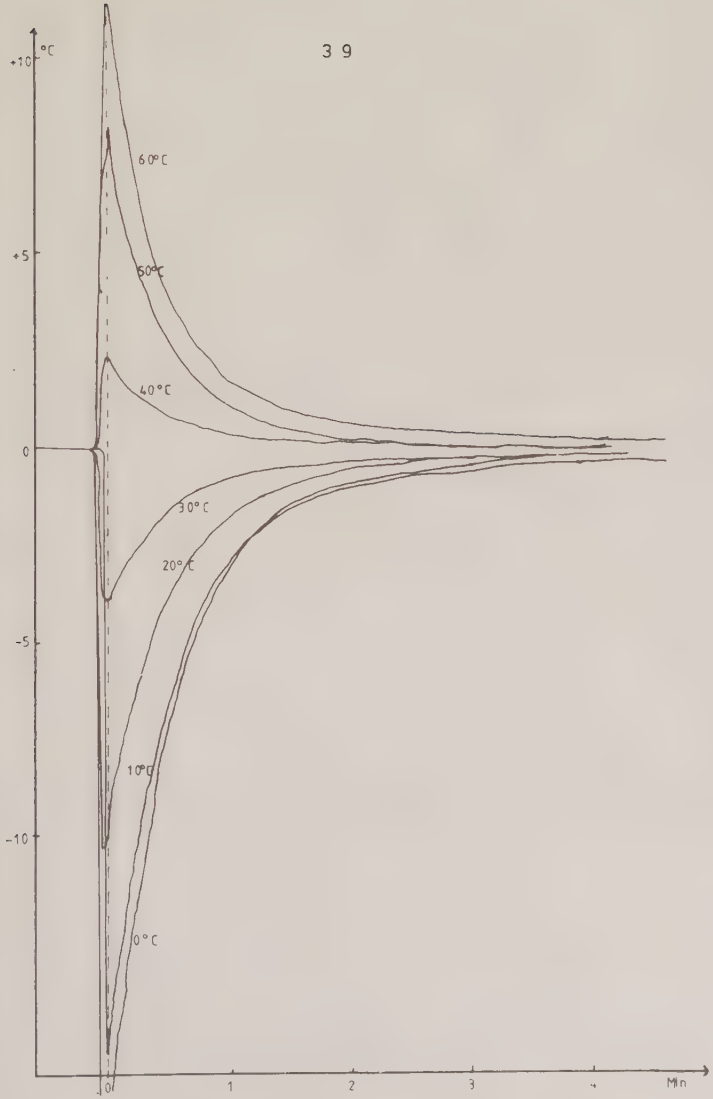


Abb. 17
Erwärmungskurve des Probanden B beim Trinken von 50 ccm Wasser von 50°C am harten Gaumen, weichen Gaumen und Zungenrücken. Die Ordinate gibt die Temperatur über Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.


°C
+10
+5
0
-5
-10
60°C
50°C
40°C
30°C
20°C
10°C
0°C
0
1
2
3
4
Min

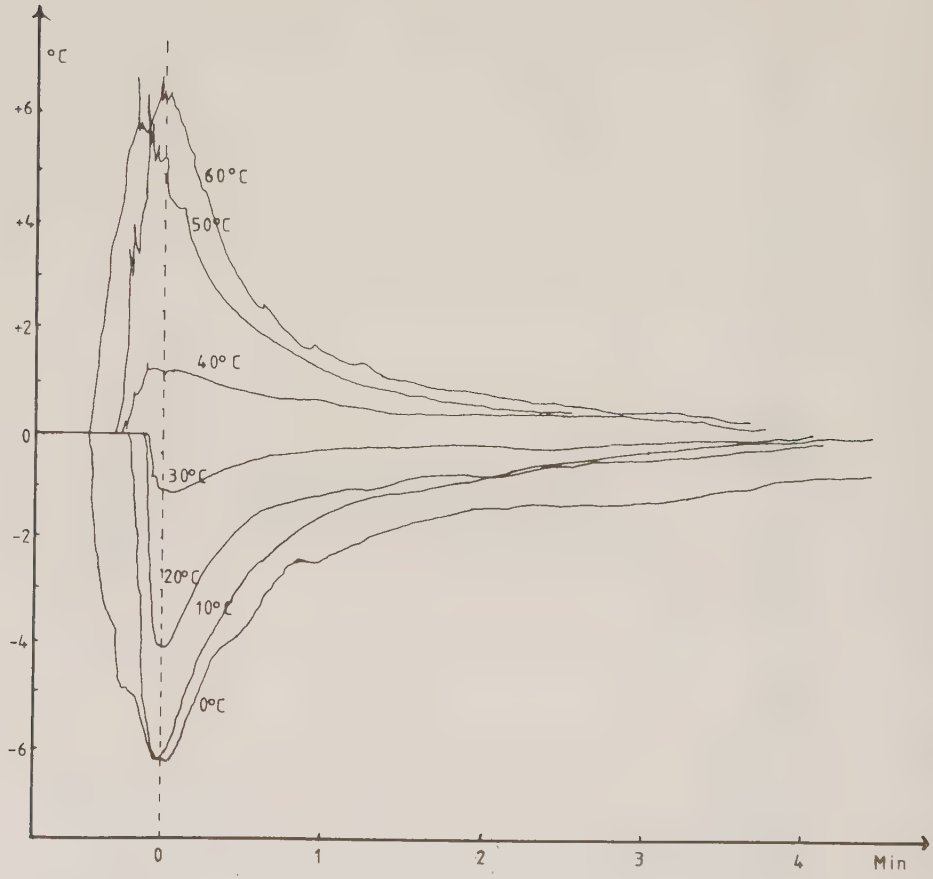


Abb. 19

Abb. 18,19
Kurven des Probanden A am harten Gaumen (Abb.18) und des Probanden B am weichen Gaumen (Abb.19) beim Trinken von 60,50,40,30,20,10 und 0°C. Die Ordinate gibt die Temperatur über bzw. unter Schleimhautausgangstemperatur an, die Abszisse die Zeit nach Beendigung des Trinkvorganges.

5. DISKUSSION

5.1 Typische Kurve am harten Gaumen

Die typische Kurve am harten Gaumen steigt bei Flüssigkeiten über Schleimhauttemperatur stark an und fällt bei kälteren stark ab, da beim Schluckakt die Zunge die Flüssigkeit gegen den harten Gaumen drückt. Danach nähert sie sich in Form einer e-Funktion dem Ausgangswert. Die erheblichen Temperaturschwankungen bis zu 15°C über bzw. unter Ausgangswert halten allerdings nicht sehr lange an. (Abb.9/10) Nach einer halben Minute hat sich die anfängliche Temperaturdifferenz meist schon um 50% reduziert, um sich dann langsamer dem Ausgangswert zu nähern. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass es sich um einen Schluck von 50 ccm Flüssigkeit handelt.

Die Kurven der beiden Probanden gleichen sich stark in ihrer Grundstruktur, unterscheiden sich aber doch erheblich in ihren absoluten Werten. Dies ist auf die unterschiedlichen Schleimhautausgangstemperaturen und die verschieden langen Trinkzeiten zurückzuführen. Ferner hat Proband A einen ausgeprägt hohen Gaumen, während bei Proband B die Gaumenwölbung normal ausgeprägt ist, was sicherlich einen Einfluss auf den individuellen Schluckablauf hat.

5.2 Typische Kurve am weichen Gaumen

Bei den typischen Kurven am weichen Gaumen (Abb.11,12) fällt auf, dass der maximale Temperaturausschlag nicht mit Beendigung des Trinkvorganges erreicht wird, sondern vielfach erst später. Dies ist dadurch erklärlich, dass die Flüssigkeit beim Trinken nicht auf jeden Fall mit der Schleimhautmesstelle direkten Kontakt hat und somit die Erwärmung der Schleimhaut auch auf indirektem Wege, d.h. durch Fortleitung der Wärme von der benachbarten Schleimhaut, erfolgt, was mit einer zeitlichen Verzögerung verbunden ist. Die maximalen Temperaturausschläge betrugen +3°C bzw. -3°C und +6°C bzw. -6°C. Die grossen Unterschiede zwischen den Probanden führten wir auf die unterschiedlich hohen Gaumen zurück. Bei dem Probanden mit dem ausgeprägt gotischen Gaumen hat die Messstelle (Übergang harter/weicher Gaumen = kranialster Punkt der Mundhöhle) seltener direkten Kontakt mit der Flüssigkeit als beim normal ausgeprägten Gaumen. Folglich sind die absoluten Werte geringer. Trotzdem sind die Zeiten bis zum Erreichen der Ausgangstemperatur bei beiden Probanden in etwa gleich. Dies ist auch verständlich, da ja die Abkühlung bzw. Erwärmung des Gaumensegels als Ganzes bei beiden Probanden als gleich angesehen werden muss. Diese Tatsache ist auf Abb.13 sichtbar. Beide Kurven haben die gleiche Abkühlungszeit, obwohl sich die absoluten Werte unterscheiden.

5.3 Typische Kurve am Zungenrücken

Die Messungen am Zungenrücken erwiesen sich als schwierig, da die Zunge einerseits ein weiches Organ ist und sich andererseits beim Schluckvorgang bewegt. Dies hatte zur Folge, dass die Thermoelementspitze sich teilweise tief in die Zungenschleimhaut einsenkte, und die Oberflächentemperatur dadurch nicht mehr erfasst wurde. Auch ergab sich beim Schluckvorgang, dass durch die Bewegung der Zunge die Thermoelementspitze während des Messvorganges unterschiedlich tief in die Schleimhaut eindrang und manchmal sogar kurzfristig keinen Kontakt mit ihr hatte, was sich als Zacken in der Temperaturkurve darstellt. Diese Zacken sind auch kurze Zeit nach dem Trinken noch sichtbar, da die Zunge trotz Konzentration nicht sofort nach Abschluss des Trinkvorganges ruhig gehalten werden kann. Dennoch waren die Kurven verwertbar (Abb.14,15).

5.4 Vergleich der Kurven untereinander

Vergleicht man die Erwärmungs- bzw. Abkühlungskurven hinsichtlich der Lokalisation des Messfühlers (Abb.16,17), so stellt man beim Probanden A wie beim Probanden B folgendes fest:

a) Der Verlauf der Abkühlungskurve entspricht dem der Erwärmungskurve

b) Der harte Gaumen erwärmt sich am stärksten, folgen weicher Gaumen und Zungenrücken.

c) Beim Probanden A (hoher Gaumen) ist die Erwärmung des weichen Gaumens geringer als beim Probanden B.

Von den drei Messpunkten weist der Zungenrücken die geringste Temperaturänderung auf, was wohl teilweise auf die Schwierigkeit der Temperaturerfassung gerade an dieser Stelle zurückzuführen ist. Das Thermoelement drang teilweise in die Zungenschleimhaut ein und erfasste deshalb nicht direkt die Oberflächentemperatur. Die Oberflächentemperatur der Zunge wiederum wurde nach dem Trinken durch den sich ansammelnden Speichel und durch die starke Durchblutung der Zunge schneller als die anderen Messpunkte wieder auf Ausgangsniveau gebracht. Ferner wird nach HENSEL (14) durch Wärme- und Kältereizung der vorderen Zungenpartie eine vermehrte Speichelsekretion der Glandula submandibularis ausgelöst, durch thermische Reizung der hinteren Zungenhälfte eine Sekretion der Glandula parotis. Bei den Ergebnissen am weichen Gaumen muss berücksichtigt werden, dass wegen des Würgereizes der Messpunkt am Übergang harter/weicher Gaumen liegt.

Vergleicht man die Messkurven innerhalb eines Messpunktes (Abb.18,19), so ist ersichtlich, welch starken Temperaturschwankungen die Mundschleimhaut ausgesetzt ist, auch wenn man die extremen Temperaturen von +60°C bzw. 0°C nicht berücksichtigt, allein bei einem Schluck von 50 ccm Wasser. Insofern dürfte die thermische Belastung der Mundhöhle und des Oesophagus grösser sein als bisher angenommen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der thermischen Belastung der Schleimhaut beim Trinken von unterschiedlich temperiertem Wasser. Hierbei werden erstmals Erwärmungs- und Abkühlungskurven während des Trinkvorganges fortlaufend aufgezeichnet. Folgendes ergibt sich:

a) Sublingual und vestibulär treten beim Trinken von heissen bzw. kalten Flüssigkeiten keine nennenswerten Temperaturschwankungen auf.

b) Abkühlungskurven entsprechen in ihrem Verlauf den Erwärmungskurven.

c) Die Schleimhaut wird beim Trinken heisser bzw. kalter Flüssigkeiten temperaturmässig am stärksten am harten Gaumen beansprucht, danach folgen weicher Gaumen und Zungenrücken.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. BOENNINGHAUS, H.G. — Hals-Nasen-Ohrenheilkunde 4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heildeberg: Springer 5-6 (77)

2. BRILL, N.; MAEDA, T.; STOLZE, K. — Does a temperature gradient exist across the mucogingival junction? J. Oral Rehab. 5, 81-7 (78)

3. BROWN, A.C.; GOLDBERG, M.P. — Surface temperature and temperature gradients of human teeth in situ. Arch. Oral Biol. 11, 973-82 (66)

4. DÖRSCHUG, H. — Untersuchung über den Wert einer Arteriolenfunktionsprüfung für die objektive Beurteilung balneotherapeutischer Massnahmen am Paradontium. Inaug.Diss. Tübingen (62)

5. ERNST, F.D.; GÄNGLER, P.; PILZ, W. — Klinisch-experimentelle Resultate selektiver Gewebszerstörung durch Kälte. Dtsch.Stomat. 23, 172-9 (73)

6. ERNST, F.D.; WAGNER, I.V. — Intraorale Temperaturmessung - eine Möglichkeit zur Objektivierung des Syndroms "brennender Mund" Dtsch. Zahn-,Mund-u.Kieferheilkunde 62, 657-60 (74)

7. FRAHM, P. — Das Verhalten der zahnhalsnahen Zahnfleischtemperatur nach Kältereizen. Inaug.Diss. Kiel (53)

8. FRANKE, J. Über Temperaturmessungen an der Zahnumgebung und ihre Bedeutung für die Kenntnis der Durchblutungsverhältnisse des gesunden und erkrankten Paradentiums.

Dtsch.Zahnärztl.Z.6, 1368-75 (51)

9. FRANKE, J. Über die verschiedenartige Reizbeantwortung des gesunden und erkrankten Paradentiums - beurteilt nach der Gewebetemperaturänderung.

Dtsch.Zahnärztl.Z.9 225-31 (54)

10. FRERICH, G. Die Temperatur der Mundschleimhaut und ihre Veränderung bei pathologischen Prozessen.

Inaug.Diss. Bonn (56)

11. FRICKE, H.W. Temperaturmessung mit Philips-Miniatur-Mantel-Thermoelementen.

Philips Elektronik Industrie GmbH

12. FÜHR, K.; JUNG, H.D. Der Einfluss der Kunststoffplatten auf die Temperatur der Gaumenschleimhaut.

Dtsch.Zahnärztl.Z. 22, 1327-33 (67)

13. GAUER, KRAMER, JUNG, Physiologie des Menschen Bd.2 Energiehaushalt und Temperaturregulation.

München,Berlin,Wien:Urban und Schwarzenberg 47-50 (71)

14. HENSEL, Zahn-Mund-und Kieferheilkunde Bd.1

München,Berlin: Urban und Schwarzenberg 453-66 (58)

15. HERRMANN, M. — Temperaturverhältnisse an der Mundschleimhaut, der Zunge und den Zähnen. Dtsch.Zahnärztl.Z. 8, 539-43 (53)

16. HOLMAN, R.A. — Hyperthermia and Cancer (letter) Lancet 1 (7914), 1027 (73)

17. KOHLRAUSCH, F. — Praktische Physik 1 22. Aufl. Stuttgart: B.G.Teubner, 230-31 (68)

18. McCLUSKEY, C. — The Little-Finger Test (letter) Lancet 2 (844), 1503 (73)

19. NENNINGER, H. — Vergleichende Temperaturmessungen an der Wangenschleimhaut des Menschen. Med.Diss. Main (52)

20. PAPE, K. — Über Haut- und Schleimhauttemperaturen im Bereich der Kiefer. Dtsch.Stomat. 3, 138-42 (53)

21. PARMA, C.; CASTA, J. — Temperaturmessung an der Gingiva zum Zwecke der Überwärmungstherapie. Paradontologie 16, 105-12 (62)

22. SCHMALZ, G.; ROTGANS, J. — Erfahrungen mit dem Prep-Trainer Zahnärztl.Welt 87, 757-60 (78)

23. SCHMIDT, F.; LUTZE, R.; GANSSEN, A. — Hauttemperaturdifferenzen bei ordontogenen Entzündungen. Dtsch.zahnärztl.Z. 24,361-9 (69)

24. SCHNEIDER, H.G. — Wiedererwärmungszeit-Messungen der Gingiva nach Zahnfleisch-Massage und Mundspülungen. Zahnärztl.Welt 12, 420-2 (65)

25. SCHURMANN, GREITHER, HORNSTEIN — Krankheiten der Mundschleimhaut und Lippen. 3. Auflage München,Berlin,Wien: Urban und Schwarzenberg, 486-7 (66)

26. SEITZ, D.; OWASSAPIAN, S. — Temperaturmessungen unter Kunststoffprothesen. Dtsch.zahnärztl.Z. 28, 411-4 (73)

27. SINN, G. — Ergebnisse von Temperaturmessungen an der Zahnumgebung. Med.Diss. Kiel (52)

28. TEADSDALE, C. — Hot-Water Bottles and Cancer (letter) Lancet 1 (7911), 852 (75)

29. VAN THIEL, H.; KLÖTZER, W. — Zur sogenannten Wärmestauung unter Kunststoffprothesen. Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 113-9 (62)

30. WÖRNER,H. — Ergebnisse der thermischen Arteriolenfunktionsprüfung bei der Alveolaratrophie. Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 469-73 (65)

Herrn Prof. Dr. Dr. N. Schwenzer
möchte ich für die Überlassung
des interessanten Themas und
seine Anregungen meinen Dank
aussprechen.

Herrn Dipl. Physiker Lukas
danke ich für die technische
Beratung.

LEBENSLAUF

Am 17. März 1954 wurde ich, Martin Gottfried Hegelmaier, als zweites von drei Kindern des Praktischen Arztes Dr.med. Wolf-Dietrich Hegelmaier und seiner Ehefrau Brigitte, geb. Ahrendts in Stuttgart geboren. In der Zeit von 1961 bis 1973 besuchte ich zunächst die Grundschule (Heusteigschule) und dann das Karlsgymnasium in Stuttgart. Am 22. Juni 1973 schloss ich meine Gymnasialzeit mit der Reifeprüfung ab. Zugleich erlangte ich das Grosse Latinum und das Grosse Graecum.

Vom 1. Juli 1973 bis 30. September 1974 leistete ich meine Wehrdienstpflicht.

Zum Wintersemester 74/75 wurde ich an der Eberhard-Karls Universität in Tübingen zum Studium der Zahnmedizin zugelassen, wo ich am 16. März 1977 die zahnärztliche Vorprüfung ablegte und am 19. Dezember 1979 das Staatsexamen in Zahnmedizin bestand.